

Research on “Visual” Teaching Method in the Electromagnetic Field and Electromagnetic Wave

Hanjun Wei Lu Tang

Institute for Advanced Study, Chengdu University, Chengdu, Sichuan, 610106, China

Abstract

Teaching method reform and innovation are the key measures to improve the effectiveness of classroom teaching. For electronic information and electrical engineering compulsory courses — *Electromagnetic Fields and Waves*, the low degree of visualization, strong conceptual, wide knowledge, high complex dimensions and experimental test characteristics, this paper aims to adopt the “visualization” fusion of teaching reform method, with the help of CST or HFSS and MATLAB auxiliary software, the electromagnetic wave and electromagnetic field visual visualization, concrete improve electromagnetic field and electromagnetic wave of classroom teaching effect, stimulate students' learning imagination and creativity, mobilize students' learning initiative, to cultivate a new era of scientific and technological innovative talents.

Keywords

electromagnetic field and electromagnetic wave course; multiple integration of “visualization”; teaching mode

“可视化”教学方法在电磁场与电磁波的研究

魏汉军 唐路

成都大学高等研究院, 中国·四川成都 610106

摘要

教学方法改革与创新是提高课堂教学成效的关键举措。针对电子信息与电气工程专业的必修专业课程——《电磁场与电磁波》而言,其可视化程度低、理论概念性强、知识面广、计算复杂维度高及实验测试难等特点,论文旨在通过采用“可视化”的多元融合教学改革法,借助CST或者HFSS及MATLAB等辅助软件,将电磁波与电磁场可视形象化、具体化提升电磁场与电磁波的课堂教学效果,激发学生的学习想象力与创造性,调动学生的学习主动性,为国家培养新时代的科技创新型人才。

关键词

电磁场与电磁波课程; “可视化”的多元融合; 教学模式

1 引言

在跨学科、产业合作及国际化等大融合的新的工科教育环境中,教育工作者需要积极适应变化,不断更新自己的教学理念和教学方法。同时,需要对教育体系进行改革,增加课程设置的多样化和多元化,以打破传统的单一学习模式,其中教师讲授为主的方式已不再适用。通过建立双向反馈式的课堂对话机制,改变学生一味被动学习的态度,同时培养学生的科技思维能力和实践操作技巧。目前,教育体制改革和创新教育教学教法被广泛认可,被视为提高教学水平、培养学生创新能力的关键途径,对全面提升人才素质发挥着中流砥柱作用。在“中国制造2025”提出了一系列领先和前瞻性的方案中,对高等教育提出了明确的指示,要求贯穿现代化教育,在实现现代化转型的过程中,充分体

现科学教育的重要性。这些改革和计划将为新时代的学生提供更广阔的发展空间,培养学生成为具备全球竞争力的科技人才^[1]。

2 电磁场与电磁波课程特性

对于电子信息与电气工程专业的大学生而言,“电磁场与电磁波”课程是一门重要的专业基础学科。它涵盖了电磁场理论、矢量分析、交变的电磁场、传输线理论、天线罩等内容^[2]。这门课程旨在帮助学生打开走向电磁波及微波技术领域的大门,探索电磁波在电场、磁场作用下的传播方向、极化角度及衰减特性等。为步入社会的学生,在微波技术、电磁防护、通讯技术及雷达探测等工作领域提供强大的知识支撑和岗位的胜任能力。除了掌握必要的电磁波知识背景知识,该课程还需要培养学生的可视化思维、独立思考、动手实践和创新意识。通过学习本课程,使学生深刻理解电磁现象,掌握电磁场的基本概念和数学描述,具备分析和解决与电磁波与电磁场相关问题的能力,并了解电磁波与电磁场在

【作者简介】魏汉军(1987-),男,中国四川泸州人,博士,助理研究员,从事电磁波与电磁场研究。

现实世界中的重要应用。在研究电磁场与电磁波时，麦克斯韦方程组贯穿了整个知识点。包括：①描述电场产生和分布与电荷密度之间关系的高斯定律；②变化的磁场产生涡旋电场的麦克斯韦—法拉第定律；③变化的电场会产生涡旋磁场的位移电流定律；④磁场的产生和分布与电荷密度和位移电流之间关系的磁感应定律。通过麦克斯韦方程组，可以完整地描述电磁场的行为和相互作用，包括电场和磁场的产生、传播和相互转换等过程。为了帮助学生更好地理解麦克斯韦方程组的物理意义和应用，教学中引入等效电路图是非常有帮助的。等效电路图可以将抽象的数学方程与具体的电路现象联系起来，通过将电路元件和电磁学量相对应，分析电路行为和解释电磁波传播等现象。通过灵活运用知识，学生可以综合运用理论和实践，培养抽象思考和具体问题解决问题的能力。引入等效电路图不仅可以增加学生对电磁学的兴趣，提高他们的学习积极性，还可以更好地帮助他们理解麦克斯韦方程组的概念和原理。

3 陈旧的教学环节

目前，虽然高校普遍意识到先进教学设备的重要性，但其普及程度仍有待提高。许多高校仍采用传统的“粉笔和黑板”教学模式，以老师为中心的授课方式。这种传统的教学模式可以快速引领学生获取并接受课程的背景、知识点和理论推导，但它忽视了学生的创造性和主观能动性，可能会禁锢学生的思想，严重影响教学效果的提升。此外，过于强调理论教育而缺乏实操操作，会限制学生的创新能力和动手实践能力，降低学生对课程学习的兴趣。在短暂的45分钟课堂中，也难以全面讲解电磁波的知识及相关操作，影响教学质量，使得学习效果不佳。因此，高校需要加强对先进教学设备的投入，并探索更加开放、灵活的教学模式，以激发学生的创造性和思维能力，提高教学效果和学生成绩。

正如俗话说，实践是检验真理的唯一标准，而主动学习则是人生最好的导师。当代教育工作者应该根据不同学科的特点，将传统的被动学习转化为实践中的主动学习，以提高教学效果。同时，利用新的教学手段和学科知识辅助教学，从源头上推进创新。例如，将电磁波和电磁场的“虚”概念通过人工智能、AI等辅助工具转化为可视化的网格划分、波浪图等“实”呈现在学生面前，以可视化的思想激发学生的想象力，促进师生之间的良性互动，形成一个活跃思维和畅通沟通的教学环境，从而确保教学质量和效果的提升。

4 电磁场与电磁波课程可视化教学方法改革创新路径

4.1 可视化教学模式的融合

随着电子信息技术的不断发展，电磁场与电磁波课程的教学需要保留传统教学模式的同时，加强可视化的教学方式。例如，可以引入形象生动的动画、HFSS及CST仿真、MATLAB编程以及图文并茂的教材，使教学内容更加直观有趣。此外，还应该安排一些演示实验，包括静电场、磁悬浮、电磁感应和平面电磁波等内容。通过观察实验结果、分析实验现象，并鼓励学生之间积极讨论和交流，以激发他们的思考 and 创新能力。为了解决课时不足和知识点覆盖不全面的问题，可以利用在线平台提供丰富的学习资源，帮助学生进行自主学习并拓宽知识面，从而提高学习效果。这样的教学模式不仅可以使学生在学科知识方面获得更多的收获，同时也是一种培养学生自主学习能力和探究精神的有效方式。

4.2 可视化实物演示

在课程学习过程中，电磁场与电磁波理论的背景知识贯穿整个教学过程。为了帮助学生更好地理解电磁场与电磁波的复杂概念，并将抽象思维转化为具体的认知，教育工作者应该运用特定的教学模型和电磁场模拟设备来引导和辅助学生的理解和认知。通过可视化电场波的传播、衰减以及一系列的极化行为，激发学生的视觉感知，以此帮助他们更好地理解课程内容，掌握难点和重点知识。根据不同的教学内容，教师可以根据实际情况设计和制作相应的实物模型和教学辅助工具，搭建一个电磁场与电磁波的演示环境（如图1所示）。配合微波技术实验装置的使用，在适当的时候进行现场演示和深入解析，这样不仅增强了知识点的形象性和生动性，也使得教学更加吸引人，从而有效提升教学成果。

4.3 电磁场模拟特性

由于电磁波本身无法直接通过五感进行感知，因此学习电磁波的理论、传播和衰减对学生来说是一项具有挑战性的任务。为了解决这个问题，目前国际上广泛使用两款电磁仿真软件：HFSS和CST。其中，CST基于FDTD（时域有限差分法）电磁场求解算法，适用于宽带频谱结果的仿真；而HFSS（High Frequency Structure Simulator）则采用了FEM（有限元法）电磁场求解算法，适用于复杂的三维结构。通过这些软件，可以对基于电磁波环境中的接收器构



图1 电磁场与电磁波的演示系统

建相应的边界条件、选择材料体系和设置电场入射角度等，从而形象地展示电场及磁场的分布情况。通过分析三维方向图、增益和极化特性、史密斯圆、反射截面强度等关键参数，学生可以更好地理解电磁波传播和衰减等特性^[3]，如图2所示。这种可视化的教学方法将提升学生对电磁场与电磁波核心概念的认知，同时激发他们对电磁领域的兴趣和自主学习的积极性。此外，这种教学方法还有助于将课堂学习与实际工程应用结合起来，为学生未来的职业发展奠定坚实的基础。

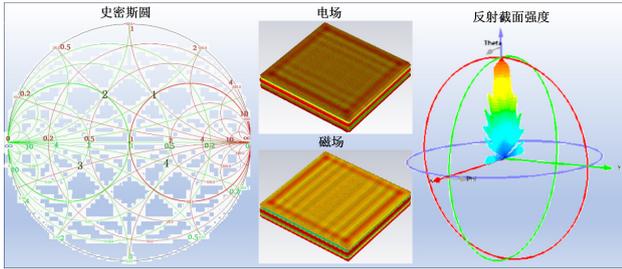


图2 电磁场的可视化图形

4.4 教学内容的优化整合

随着教育模式的不断迭代和对专业人才新要求的提出，电磁场与电磁波课程在内容和结构上也在不断更新和优化。该课程整合了传统核心学科如电磁场与微波技术、天线与电磁波传播、光学学科等的优势，成为电子信息与电气工程领域的核心课程。基于物理学、电路学、微积分及微波技术等基础课程，为学生深入学习微波通信及卫星通信系统等高级课程打下理论基础。在本科课程体系中，电磁场与电磁波课程扮演着关键角色。它不仅是科学与工程之间的桥梁，而且紧密结合了理论知识与实践技能。该课程内容涵盖了静电场、稳恒电流、磁场、电磁感应、交流电路、电磁波、光的电磁波性质、特殊相对论等。其中包括麦克斯韦方程组分析、电磁场方程、天线理论、微波器件、电磁辐射及光学与光纤通信等重要主题。电磁场与电磁波课程旨在加深学生对电磁学的全面理解，提升其实际工作能力，为他们未来事业发展建立坚实的学术和技能基础。该课程不仅使学生具备了扎实的理论知识，而且注重培养学生的实践能力，并鼓励他们在实践中探索和创新。

4.5 教学方法的改革路径

为了应对电磁场与电磁波课程的抽象性和难度，需要创新教学方法。课堂教学应以学生为中心，简化理论表述，使其更易理解。实验教学应设计梯度实验，提高学生的参与度和实践能力。此外，还可以组织科技竞赛等活动，培养学生的创新意识。通过这些创新方法，可以帮助学生更好地掌握该科目，提高学习效果。

5 电磁场与电磁波课程应用“可视化”模式实践案例

在电磁场与电磁波课程中，教师需要有效传授抽象概

念和复杂公式。为了让学生更好地理解和掌握知识，教师应采用创造性的教学方法，增加趣味性，激发学生的学习兴趣。例如，可以利用模拟工具和数字化工具，制作实验演示视频等多种方式，使得电磁场与电磁波课程更加生动有趣，为学生提供更多的学习方式和选择。

5.1 电场及电位的虚拟仿真

在学习静态电磁场章节时，点电荷的电场和电位是理解电磁学的基础，也是理解时变电磁场的关键。然而，传统教学中，学生对它们的认识往往停留在抽象概念上，缺乏直观感受和整体认识能力。为了克服这一困境，教师可以采用体验式教学，引入 HFSS 或者 CST 软件进行虚拟仿真，直观呈现电荷的电力线和等势面的变化。学生可以结合仿真软件和自主编程仿真，将电磁场的模拟图呈现在计算机屏幕上^[4]，从而感受抽象概念，增强学习兴趣和动力，如图3所示。

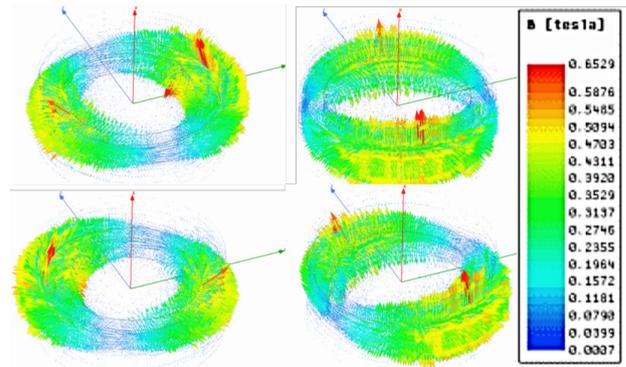


图3 仿真模拟

5.2 电磁波极化演示可视化结合特性

在教学中，电磁波极化方式是一个难以理解的抽象概念，常常令学生感到困惑。为了帮助学生更好地理解电磁波极化，可以采用问题引导式教学方法，并结合模拟软件等工具进行教学。通过使用 HFSS 或 CST 软件进行虚拟仿真，编写 MATLAB 程序来模拟沿着 +Z 轴方向传播的极化波，包括线性极化和圆极化，并在三维空间中绘制出电磁波的极化曲线，使抽象的极化概念变得直观可见^[5]。同时，利用实物演示平台展示不同极化天线接收电磁波时的极化匹配和失配现象，以帮助学生更好地理解电磁波极化的重要性和工程应用的意义。这样的教学方法不仅能够提高学生的兴趣，还能够让学生更好地掌握这一抽象概念。通过采用这些创新的教学手段，学生将能够更深入地理解电磁波极化，并增强他们对电磁学概念的掌握能力。

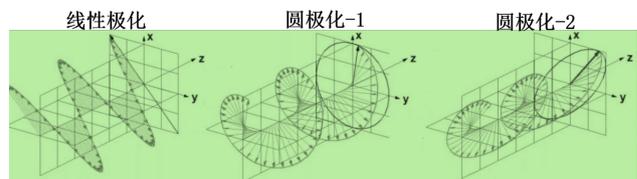


图4 线性极化波与圆极化波

5.3 电磁参数测量

为了可视化地理解电磁波的存在,使用了微波分光仪和矢量网络分析仪。微波分光仪用于测量电磁波的波长,矢量网络分析仪则用于测量介电常数和磁导率。通过研究电磁波在真空和材料表面之间的反射和折射规律,以及干涉相消原理和介质板的波腹点和波节点等概念^[6],可以更好地理解电场波的传播理论。为了验证波源在接收点处的干涉相消效应,进行了实验操作,并利用微波分光仪进行了高精度测量。这种形象化的处理方式可以将电磁波的反射和折射过程以可视化的方式展示给学生,更深入地理解电磁波的行为。

5.4 可视化教学融入“翻转课堂”

目前,“翻转课堂”即角色转换教学方法正备受热捧。这种教学模式以学生为主导,颠覆了传统的教师主讲方式。在课前和课后,学生自主查找资料进行预习,探索如何将电磁波可视化,并带着问题来课堂上进行讨论。教师会根据学生提出的问题进行补充性讲解,以提高教学效果。学生承担部分课程的讲授,而教师则补充不完整的内容。这种方式下,学生充分准备,学习效果显著;同学们的讲解新颖,理解更清晰。这种新型的教育模式使得教师的知识传授与学生的学习相得益彰,真正实现了知识的传授与学习的结合,达到了真正的渔人授渔效果。

6 结语

综上所述,可视化教学模式利用 HFSS 或 CST 软件仿真技术、MATLAB 编程技术和实际演示——动画技术,生动形象地呈现电磁场与电磁波。这种教学方式提高学生学习效率和兴趣,帮助教师掌握教学内容和方法。学生通过实际操作和观察深入理解电磁场与电磁波的原理和应用,提升实践能力。这种可视化融合的互动式教学有助于提升教学效果,促进教师专业发展,提高整体教学质量。推广应用可视化教学模式在电磁场与电磁波课程中有效提升教学成效,全面支持学生综合素质培养。

参考文献

- [1] 王波云.“电磁场与电磁波”课程教学改革思考与探索[J].科技与创新,2021(9):46-47.
- [2] 涂治红,陈付昌,王云,等.面向“电磁场与电磁波”课程的微课建设与改革[J].教育教学论坛,2023(7):57-60.
- [3] 张帆,赵玉荣.“电磁场与电磁波”课程创新教学法研究[J].合肥学院学报:综合版,2018(5):101-106.
- [4] 熊汉,李东.电磁场与电磁波课程教改探讨[J].中国现代教育装备,2022(13):105-107.
- [5] 朱卫刚,薛红,曹文权.电磁场与电磁波课程“虚实结合”教学方法改革创新的思考[J].高等学刊,2023(25):134-137.
- [6] 侯周国,刘湛.专业认证背景下的电磁场与电磁波课程教学改革实践[J].创新创业理论研究与实践,2023,6(8):45-48.